

УДК 621.438

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПГУ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ПРИМЕНЕНИЕМ АБХМ

Д. И. Щеглов¹, А. С. Колпаков²

^{1,2} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ k.famin10@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ режимов работы ПГУ-230 в летний эксплуатационный период. Показано, что за счет охлаждения воздуха перед компрессором газотурбинной установки (ГТУ) с помощью абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины (АБХМ) возможно поддержание расчетных энергетических характеристик парогазовой установки независимо от температуры наружного воздуха.

Ключевые слова: парогазовые установки, охлаждение воздуха, энергетические показатели, абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина

INCREASING THE ENERGY INDICATORS OF CCGT UNITS IN SUMMER USING LITHIUM-BROMIDE REFRIGERATING MACHINE

D. I. Shcheglov¹, A. S. Kolpakov²

^{1,2} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ k.famin10@mail.ru

Abstract. The analysis of the modes of operation of CCGT-230 in the summer operational period. It is shown that by cooling the air in front of the GTP compressor using ABCM, it is possible to maintain the calculated energy characteristics of the combined-cycle gas plant regardless of the outdoor air temperature.

Keywords: combined-cycle gas installations; air cooling; energy indicators; absorption lithium-bromide refrigerating machine

О общеизвестно, что энергетические характеристики парогазовой установки (ПГУ) зависят от климатических и погодных условий. Наибольшее влияние оказывает температура [1].

ПГУ в летний эксплуатационный период не приспособлены к ведению суточного графика нагрузки. Дефицит мощности летом в энергосистеме покрывается паросиловыми установками, для которых климатические условия не создают значительных препятствий при генерации требуемой мощности.

В теплый период года теплофизические свойства воздуха меняются: снижение плотности воздуха вследствие повышения температуры приводит к снижению электрической мощности газотурбинной установки (ГТУ) и, как следствие, к ограничению участия ПГУ в нормированном первичном регулировании частоты в энергосистеме, а также увеличению удельного расхода топлива [2]. Например, при повышении температуры подаваемого в компрессор ГТУ воздуха на 20°C мощность установки снижается на 25 %. В этих случаях целесообразно охлаждение воздуха на входе в ГТУ (TIAC — Turbine Inlet Air Chilling). Система TIAC предполагает применение испарительных охладителей, мелкодисперсное распыление воды за фильтром [3] или использование холодильных машин [4]. Последний вариант наиболее эффективен, т. к. позволяет получить максимальную глубину охлаждения, в т. ч. достижение температур ниже точки росы.

В условиях теплоэлектроцентралей наличие потоков тепла (в т. ч. вторичного) различного потенциала обуславливает энергоэффективное применение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин (АБХМ). Энергетическим ресурсом для их работы может служить тепло уходящих газов, мятый пар или сетевая вода. Результат достигается внедрением воздухоохладителей в существующее комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ), в котором нагрев воздуха замещается охлаждением летом.

Применение АБХМ для охлаждения воздуха для ПГУ наиболее актуально для районов с резким колебанием температуры наружного воздуха, характерными, например, для Екатеринбурга, находящегося в зоне границы умеренно континентального климата с континентальным, с характерной резкой сменой погодных условий и возможным повышением температуры летом до $+35^{\circ}\text{C}$ и выше. Самая высокая температура, отмеченная в Екатеринбурге за весь период метеонаблюдений, составила $+38,8^{\circ}\text{C}$.

Мощность АБХМ определяется требованиями к значению температуры охлаждаемого воздуха при заданной влажности. В большинстве случаев расчетный интервал температур при определении мощности АБХМ задается от среднемесячной температуры теплого периода до $+15^{\circ}\text{C}$. При

окончательном выборе оптимальную холодопроизводительность АБХМ следует определять по критерию минимизации приведенных затрат.

Эффект применения АБХМ в системе ТИАС ПГУ определяется климатическими условиями, выбором источника теплоты, характеристиками ГТУ и паровой турбины, конструкцией комплексного воздухоочистительного устройства (КВОУ) и выбором вспомогательного оборудования (градирен, насосных групп), а также схемой циркуляции теплоносителей в каждом контуре и системе в целом. В каждом конкретном случае применения АБХМ в системе ТИАС ПГУ используется индивидуальное техническое решение (табл. 1) [5].

Таблица 1

Примеры применения АБХМ в системе ТИАС ПГУ

Локализация	Мощность ПГУ, МВт	Суммарная мощность АБХМ	Количество единиц оборудования
Астраханская ГРЭС 2	110	7,4	2
Буденновская ПГУ-ТЭС	135	10,5	1
Астраханская ПГУ-235	235	15,2	4

Реализованное «ЛУКОЙЛ-Астраханьэнерго» [5] техническое решение на Астраханской ПГУ-235 (рис. 1) потенциально может быть адаптировано к промплощадке теплоэнергоцентрали (ТЭЦ) «Академическая» (Екатеринбург), на территории которой установлен парогазовый моноблок ПГУ-230 с газовой турбиной GT13E2 фирмы Alstom Power, ввиду близких значений мощности блоков.

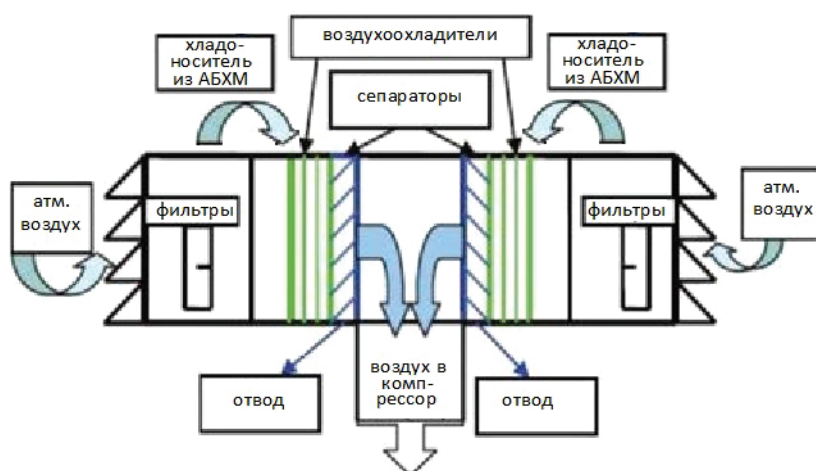


Рис. 1. Схема охлаждения воздуха перед компрессором ГТУ ПГУ-235 в теплообменниках КВОУ

Средняя температура самого теплого месяца — июля 2020 г. в Астрахани составила $+35^{\circ}\text{C}$, максимальная — $+40^{\circ}\text{C}$. В этот же период на промплощадке ТЭЦ «Академическая» максимальная температура соответствовала метеоданным, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Сведения по температурам наружного воздуха

Промежуток	Дата	Время	Температура, $^{\circ}\text{C}$
01.05.2019–01.09.2019	13.07.2019	16:04	33,35
01.05.2020–01.09.2020	16.07.2020	16:06	37,02

Таким образом, близость максимальных температур воздуха, наряду с мощностью, указывает на возможность использования в летний период оборудования, применяемого в системе охлаждения Астраханской ПГУ-235, когда ГТУ блока ПГУ-230 не может выйти на номинальные показатели 182,2 МВт.

При расходе воздуха на ГТУ GT13E2 585,14 кг/с и снижении его температуры от $+37^{\circ}\text{C}$ до расчетной $+15^{\circ}\text{C}$ требуемая мощность АБХМ составляет 11,93 МВт. По аналогии ПГУ-235 в качестве теплоносителя для АБХМ целесообразно использовать пар из теплофикационных отборов паровой турбины КТ-63—8,8 с давлением (максимальным) 3,5 бар. Расчетный расход пара 11611 кг/ч.

Необходимая мощность может быть покрыта проверенными в эксплуатации на ПГУ-ТЭС АБХМ Shuangliang [4].

Четыре АБХМ Shuangliang ST-1157 эксплуатируются на Астраханской ПГУ-235 с 2016 г. Единичная мощность этих двухступенчатых АБХМ составляет 3,8 МВт. Таким образом, четыре машины суммарной мощностью 15,2 МВт покрывают потребность ТЭЦ «Академическая» с запасом 27 %.

Прирост располагаемой электрической мощности в летний период может достигнуть 17,4 МВт, дополнительная реализация электроэнергии 86,5 (МВт·ч)/г., расчетный экономический эффект 173,2 млн р./г., что делает проект коммерчески привлекательным.

Список источников

1. Ибрагим А.А. И. Оптимизация параметров ПГУ и ГТУ и систем охлаждения наружного воздуха ПГУ и ГТУ для территорий с жарким климатом : дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01 / Альрави Аммар И. Ибрагим. Иркутск, 2012. 108 с.

2. Цхяев А. Д., Кузьмина Т. Г. Использование АБХМ в системах охлаждения воздуха на входе в компрессор ГТУ [Электронный ресурс] // Турбины и Дизели. 2020. № 5. URL: <http://www.turbine-diesel.ru/rus/node/3851> (дата обращения: 29.11.2020).

3. Буров В. Д., Теплов Б. Д. Повышение номинальной мощности и энергетической эффективности ПГУ в условиях высоких температур наружного воздуха путем впрыска воды в газовоздушный тракт ГТУ // Молодой ученый. 2015. № 23.1 (103.1.). С. 11–14.

4. Абсорбционные холодильные машины, АБХМ Shuangliang [Электронный ресурс]. URL: <http://shuangliang.ru> (дата обращения: 29.11.2020).

5. Парогазовая установка (ПГУ) 235 [Электронный ресурс]. URL: <https://astrahanenergo.lukoil.ru/ru/About/GeneratingFacilities> (дата обращения: 29.11.2020).